

# Analisis EMI Parameter Emisi Radiasi pada Frekuensi 30 MHz – 1 GHz di Perangkat Jaringan dengan Berbagai Tipe Kabel Ethernet

*EMI Analysis of Radiated Emission Parameter at Frequency of 30 MHz - 1 GHz  
in Network Devices with Various Types of Ethernet Cables*

Ika Prawesty Wulandari

Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya  
Jl. Jagir Wonokromo No. 360  
Surabaya, Jawa Timur, Indonesia  
wulanluspink@gmail.com

Agung Yanuar Wirapraja

Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya  
Jl. Jagir Wonokromo No. 360  
Surabaya, Jawa Timur, Indonesia  
agungyanuar1945@gmail.com

**Abstrak—** Penggunaan kabel jaringan LAN (*Local Area Network*) telah digunakan secara luas pada perangkat yang memungkinkan kegiatan interaksi antar komputer maupun perangkat lain yang berkomunikasi via IP (*Internet Protocol*). Persyaratan maupun ketentuan alat dan perangkat telekomunikasi yang beredar di pasaran Indonesia telah diatur dalam regulasi yang ditetapkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika. Sebagai contoh, untuk perangkat *Wireless Local Area Network* telah diatur dalam Peraturan Direktur Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika (Perdirjen SDPPI) Nomor 2 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Alat Dan / Atau Perangkat Telekomunikasi *Wireless Local Area Network*. Regulasi tersebut mempersyaratkan bahwa perangkat harus lulus uji standard EMC CISPR 32. Pada makalah ini mencoba menganalisa tentang perbandingan nilai emisi radiasi pada frekuensi 30 MHz – 1 GHz (dengan jarak pengukuran 10 meter) yang dihasilkan oleh berbagai tipe kabel Ethernet. Jenis kabel yang digunakan antara lain : SSTP Cat 6a, FTP Cat 5e, UTP Cat 5e dan UTP Cat 6. Produk uji yang diukur adalah produk *300Mbps In-Wall Wireless Access Point* dengan mode melakukan transfer data via kabel LAN dengan notebook. Dari hasil pengukuran menunjukkan tipe kabel SSTP Cat 6a memiliki performa yang paling baik.

**Kata kunci :** emisi radiasi, CISPR 32, kabel Ethernet

**Abstract—** LAN (*Local Area Network*) cables has been used extensively in devices that allow interaction between computer and other devices which communicate via IP (*Internet Protocol*). Requirements for telecommunication products and devices in Indonesian market have been regulated by Ministry of Communication and Information Technology. For example, *Wireless Local Area Network* devices has been regulated in the Regulation of Director General of Resources and Post and Informatics Devices (Perdirjen SDPPI) Number 2 of 2019 Technical Requirements for Telecommunication Products and / or Devices *Wireless Local Area Network*. This regulation requires devices to pass EMC standard CISPR 32 tests. This paper aims to

*analyze comparison of radiation emission values at 30 MHz – 1 GHz frequencies (with a measurement distance of 10 meters) produced by various types of ethernet cables. Types of cables being compared, includes : SSTP Cat 6a, FTP Cat 5e, UTP Cat 5e dan UTP Cat 6. The test product being measured is a 300Mbps In-Wall Wireless Access Point with transferring data mode via LAN cable with a notebook. The measurement results show that the SSTP cable Cat 6a type has the best performance.*

**Keywords :** radiated emission, CISPR 32, Ethernet Cable

## I. PENDAHULUAN

Perangkat jaringan telah digunakan secara luas dalam kegiatan interaksi antar komputer maupun perangkat lain yang berkomunikasi via jaringan LAN (*Local Area Network*). Berbagai jenis perangkat jaringan yang sangat familiar digunakan antara lain : *access point*, *router*, *switch* / *hub*, *IP PBX*, dan lain – lain. Keseluruhan perangkat tersebut pada umumnya memiliki *ethernet* port sebagai terminal koneksi kabel LAN.

Persyaratan maupun ketentuan alat dan perangkat telekomunikasi yang beredar di pasaran Indonesia telah diatur dalam regulasi yang ditetapkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika. Sebagai contoh, untuk perangkat *Wireless Local Area Network* telah diatur dalam Peraturan Direktur Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika (Perdirjen SDPPI) Nomor 2 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Alat Dan / Atau Perangkat Telekomunikasi *Wireless Local Area Network*. Salah satu poin persyaratan teknis, khususnya pada poin nomor 4 menyebutkan bahwa : alat dan/atau perangkat telekomunikasi WLAN harus memenuhi standard CISPR 32. Pengukuran *Electromagnetic Interference* (EMI) pada parameter emisi radiasi harus dilakukan pada perangkat tambahan yang tidak tergabung dengan alat dan/atau perangkat telekomunikasi WLAN dengan persyaratan kelas B dari klausa 4 [1].

EMI terjadi dikarenakan adanya : (1) sumber energi, (2) suatu reseptor atau sirkuit *victim* / sistem, dan (3) beberapa jalur kopling untuk mendapatkan energi dari satu tempat ke tempat lain. Jika tidak ada sumber energi, maka tidak ada EMI, dan begitu juga jika tidak ada jalur kopling, maka juga tidak terjadi EMI. Kopling radiasi membutuhkan dua antena yaitu sirkuit pemancar atau kabel serta sirkuit penerima atau kabel. Salah satunya dapat berupa bentuk yang cukup besar, dimana sumber energi terkopling ke chassis logam, peralatan, atau kabel [2]. EMI yang dihasilkan oleh kinerja perangkat dengan media koneksi kabel LAN dimungkinkan berasal dari jenis kabel LAN yang digunakan. Oleh karena itu, penggunaan setiap jenis kabel LAN dapat menghasilkan nilai EMI yang berbeda pada saat pengukuran emisi radiasi.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisa studi emisi radiasi dari konektor RJ45 untuk transmisi *ethernet* menggunakan metode FDTD. Metode FDTD digunakan untuk menghitung medan listrik yang diradiasi dari konektor RJ45 pada frekuensi 300-1000 MHz. Hasil pengukuran medan listrik yang diradiasi dari konektor RJ45 juga telah dianalisa. Dari hasil simulasi dan pengukuran tersebut ditemukan bahwa sebagian besar medan listrik maksimum yang diradiasi dari konektor RJ45 berada di bawah batas regulasi 37 dB $\mu$ V / m. Tetapi medan listrik maksimum yang diradiasi dari konektor RJ45 pada 600 MHz melebihi batas regulasi CISPR 22. Di kegiatan selanjutnya, faktor yang mempengaruhi masalah EMC / EMI akan dipertimbangkan untuk studi lebih lanjut [3]. Selain dari sisi port RJ45, terdapat penelitian lain yang membahas analisis EMC dari jalur transmisi kabel *Shielded Twisted Pair STP* dan *Shielded Parallel Pair (SPP)* untuk aplikasi *Multi-Gig Ethernet* otomotif. EMC kabel STP dan SPP telah dianalisis dan menghasilkan kesimpulan performa yang sedikit lebih baik dari kabel STP hingga 3 GHz ditunjukkan menggunakan menggunakan metode pengukuran mix S-parameter (*return loss*, *insertion loss*, *longitudinal conversion loss*, dan *transverse conversion loss*) [4]. Desain sistem kabel / konektor bergantung pada format sinyal yang diinginkan (*balanced* atau *unbalanced*), *bandwidth* sinyal, ketahanan perangkat pensinyalan terhadap tegangan interferensi mode umum dan diferensial, serta kerentanan terhadap persyaratan kesesuaian emisi dan imunitas [5]. Pelindung di dalam kabel bertindak sebagai penghalang untuk melindungi kabel dari gangguan elektromagnetik (EMI), gangguan frekuensi radio (RFI) dan *crosstalk* antara pasangan dan kabel yang berdekatan. Hal ini juga mencegah sinyal dari kabel yang mengganggu peralatan di sekitarnya. Berbagai level *shielding* menawarkan berbagai keuntungan berbeda yang cocok untuk berbagai aplikasi [6].

Pada penelitian ini menitikberatkan pada pengukuran nilai emisi radiasi pada perangkat jaringan yang memiliki fitur WLAN dan port RJ45 yang dikoneksikan dengan *notebook* dengan jalur transmisi beberapa tipe kabel LAN yang dijual secara umum di pasaran. Pengujian dilakukan dengan standard EMC CISPR 32 [7], khususnya parameter emisi radiasi dengan jarak pengukuran 10 meter, pada frekuensi 30 MHz – 1 GHz. Analisa difokuskan pada parameter ini dikarenakan produk lebih rawan gagal / kritis dalam pemenuhan standard di range frekuensi tersebut. Perbandingan hasil pengukuran berbagai jenis kabel LAN tersebut diharapkan dapat memberi rekomendasi terkait performa jenis kabel mana yang paling

baik dari segi emisi radiasi sehingga dapat memberikan gambaran bagi *user*. Selain itu, hasil penelitian juga dapat memberikan pertimbangan bagi laboratorium EMC dalam memilih kabel pada saat melakukan pengujian untuk meminimalisasi terjadinya noise yang tidak diinginkan yang bukan berasal dari produk uji.

## II. BAHAN DAN METODE

Kegiatan pengambilan data dilakukan dengan cara pengujian perangkat menggunakan peralatan yang ada di laboratorium uji *Electromagnetic Compatibility* (EMC). Jenis perangkat yang diuji atau *Equipment Under Test* (EUT) yang digunakan dalam pengukuran adalah *300Mbps In-Wall Wireless Access Point* dengan spesifikasi yang ditunjukkan dalam Tabel 1. Sedangkan *Associated Equipment* (AE) yang digunakan berupa *notebook* dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 2. EUT dan AE dikondisikan saling berkomunikasi via jaringan melalui media kabel LAN dengan berbagai jenis tipe (seperti ditunjukkan dalam (Tabel 3) yang akan menjadi bahan analisa. Mode komunikasi yang dilakukan dengan cara *notebook* mengirimkan paket data sebesar 65KB ke perangkat *300Mbps In-Wall Wireless Access Point* secara terus menerus.

### A. Spesifikasi EUT

Tabel 1. Spesifikasi *300Mbps In-Wall Wireless Access Point*

| Hardware    |   |
|-------------|---|
| Standard    | IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3af/at  |
| Antarmuka   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1 *10/100Mbps RJ45 LAN port (Auto MDI/MDIX)</li> <li>1 *10/100Mbps RJ45 Uplink/LAN port (PoE + Auto MDI/MDIX)</li> </ul>         |
| Suplai Daya | IEEE 802.3af/at PoE compliant   |
| Antena      | 2 * antena internal   |
| Dimensi     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sisi Luar : - 86mm x 86mm - 3.38'' x 3.38''</li> <li>Sisi Dalam : - 77mm x 62.5mm x 24.4mm - 3.03'' x 2.46'' x 0.96''</li> </ul> |



Gambar 1. *Equipment Under Test* (EUT)

## B. Spesifikasi AE

Tabel 2. Spesifikasi Notebook

|          | Spesifikasi  |
|----------|--|
| Notebook | Intel Core i5 7200U-2.3Ghz Turbo 2.8Ghz;<br>RAM 4 GB DDR3; Input +19V == 3.42A, 65W,<br>Ethernet RJ45 LAN Port |

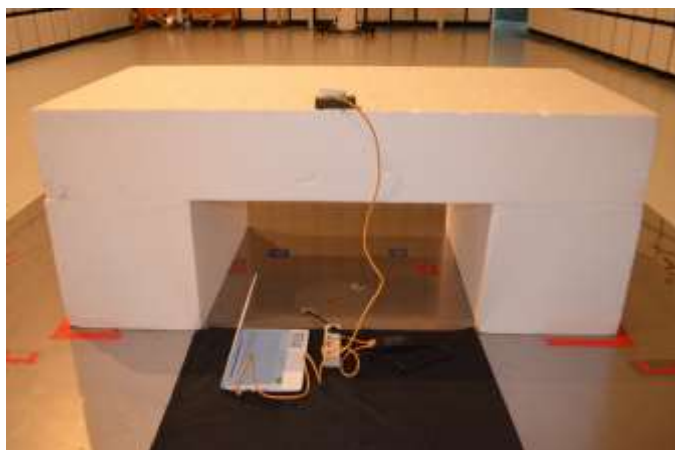
## C. Spesifikasi Kabel LAN

Tabel 3. Spesifikasi Kabel LAN yang Digunakan

|  | Spesifikasi   |
|--|---|
| <i>Screened Shielded Twisted Pair (SSTP)</i> | Cat 6a, panjang 1 meter   |
| <i>Foiled Twisted Pair (FTP)</i>             | Cat 5e, panjang 1 meter   |
| <i>Unshielded Twisted Pair (UTP)</i>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cat 6, panjang 1 meter</li> <li>Cat 5e, panjang 1 meter</li> </ul> |

## D. Metode Pengujian

Kegiatan pengujian dilaksanakan dengan mengacu pada metode dan batas nilai limit yang telah ditetapkan dalam standard CISPR 32 (foto pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2 sampai Gambar 4). Pengukuran dilakukan pada ruangan *semi anechoic chamber*. Benda uji (EUT) diletakkan pada meja di round area (berdiameter 3 meter). Meja yang digunakan bersifat non konduktif, dengan ukuran 1,5 meter x 1 meter x 1,5 meter. Perangkat Pendukung (Associated Equipment / AE) berupa notebook diletakkan pada bawah meja EUT dengan mode berkomunikasi dengan EUT (ping mode). Pada saat pengukuran, round area berputar dari 0° hingga 360°. Antena ditempatkan pada antenna mast yang berjarak 10 meter dari EUT. Pengukuran dilakukan pada ketinggian antena bervariasi antara 1 sampai 4 meter (pembacaan nilai per 1 meter) dengan posisi antena vertikal dan horisontal. Proses perputaran round area dan pergeseran posisi antena dikontrol oleh perangkat *Controller CO3000* yang disambung secara otomatis melalui software EMC32. Nilai emisi yang dihasilkan EUT ditangkap oleh antena yang tersambung ke EMI Test Receiver. Hasil pengujian dapat diamati melalui software EMC 32. Frekuensi range pengukuran adalah 30 MHz hingga 1 GHz dengan detektor *Quasi-Peak*.



Gambar 2. Setup Pengukuran EUT dan AE



Gambar 3. Pengujian Gangguan Radiasi pada Jarak Pengukuran 10 meter (Polarisasi Antena Horizontal)

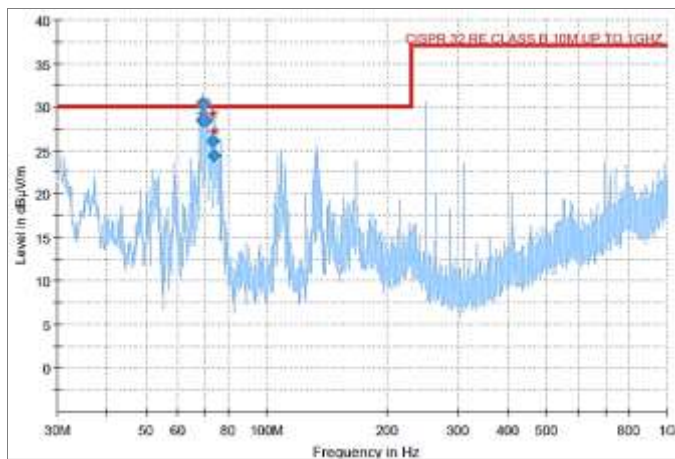


Gambar 4. Pengujian Gangguan Radiasi pada Jarak Pengukuran 10 meter (Polarisasi Antena Vertikal)

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran nilai emisi radiasi di frekuensi 30 MHz – 1 GHz menggunakan keempat jenis kabel di atas dapat dilihat pada Gambar 5 - 8. Apabila pada grafik menunjukkan titik warna biru melampaui garis batas warna merah atau kolom margin pada Tabel 4 sampai Tabel 7 menunjukkan nilai negatif, berarti produk menghasilkan nilai over limit. Grafik dan tabel menunjukkan bahwa perangkat yang diuji menggunakan keempat jenis kabel LAN yang ada tidak memenuhi batas nilai limit yang ditetapkan oleh standard CISPR 32. Namun, penggunaan berbagai macam kabel tersebut menghasilkan nilai emisi radiasi yang berbeda – beda.



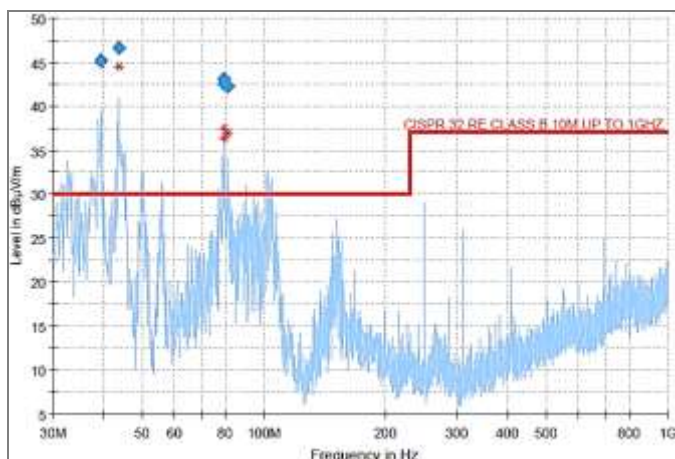


Gambar 5. Hasil Pengukuran Emisi Radiasi pada Frekuensi 30 MHz – 1 GHz Menggunakan Kabel SSTP Cat 6a

Tabel 4. Nilai Emisi Radiasi pada Frekuensi 30 MHz – 1 GHz Menggunakan Kabel SSTP Cat 6a

| Frekuensi (MHz) | QuasiPeak (dBμV/m) | Limit (dBμV/m) | Margin (dB) |
|-----------------|--------------------|----------------|-------------|
| 69.997560       | 30.36              | 30.00          | -0.36       |
| 69.117160       | 28.47              | 30.00          | 1.53        |
| 70.807000       | 28.42              | 30.00          | 1.58        |
| 73.183120       | 26.07              | 30.00          | 3.93        |
| 73.923960       | 24.34              | 30.00          | 5.66        |

Pada Gambar 5 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai emisi radiasi yang dihasilkan oleh produk *300Mbps In-Wall Wireless Access Point* yang berkomunikasi dengan notebook via kabel LAN SSTP Cat 6a memiliki nilai emisi radiasi terjeleknya sebesar 30.36 dBμV/m di frekuensi 68.997560 MHz dengan nilai over limit sebesar 0.36 dB.

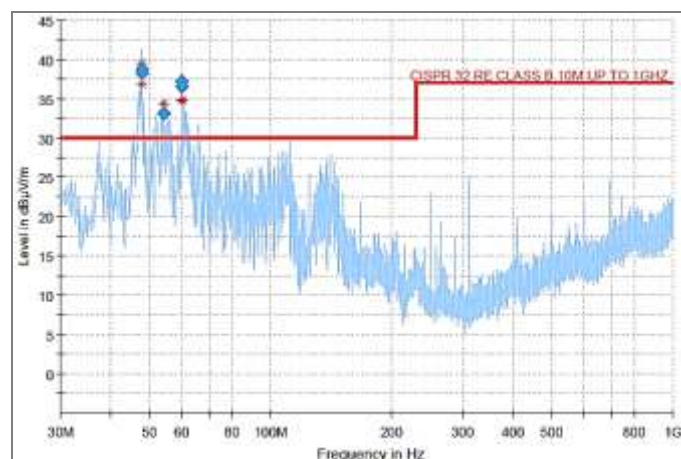


Gambar 6. Hasil Pengukuran Emisi Radiasi pada Frekuensi 30 MHz – 1 GHz Menggunakan Kabel FTP Cat 5e

Tabel 5. Nilai Emisi Radiasi pada Frekuensi 30 MHz – 1 GHz Menggunakan Kabel FTP Cat 5e

| Frekuensi (MHz) | QuasiPeak (dBμV/m) | Limit (dBμV/m) | Margin (dB) |
|-----------------|--------------------|----------------|-------------|
| 39.501320       | 45.15              | 30.00          | -15.15      |
| 43.819240       | 46.56              | 30.00          | -16.56      |
| 79.734000       | 42.53              | 30.00          | -12.53      |
| 79.734320       | 43.08              | 30.00          | -13.08      |
| 81.210080       | 42.25              | 30.00          | -12.25      |

Pada Gambar 6 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai emisi radiasi yang dihasilkan oleh produk *300Mbps In-Wall Wireless Access Point* yang berkomunikasi dengan notebook via kabel LAN FTP Cat 5e memiliki nilai emisi radiasi terjeleknya sebesar 46.56 dBμV/m di frekuensi 43.819240 MHz dengan nilai over limit sebesar 16.56 dB.

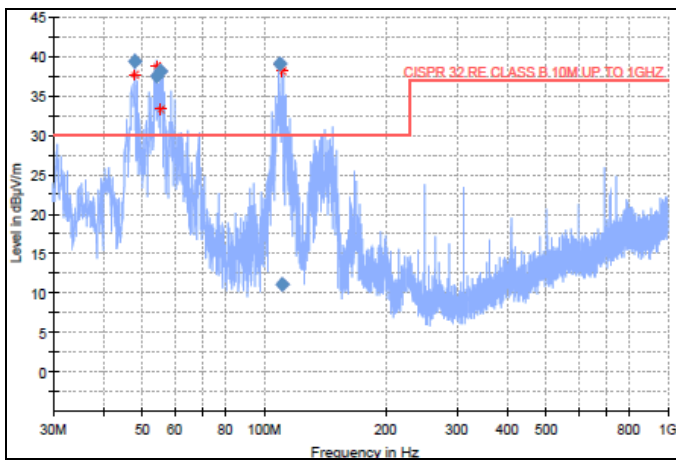


Gambar 7. Hasil Pengukuran Emisi Radiasi pada Frekuensi 30 MHz – 1 GHz Menggunakan Kabel UTP Cat 6

Tabel 6. Nilai Emisi Radiasi pada Frekuensi 30 MHz – 1 GHz Menggunakan Kabel UTP Cat 6

| Frekuensi (MHz) | QuasiPeak (dBμV/m) | Limit (dBμV/m) | Margin (dB) |
|-----------------|--------------------|----------------|-------------|
| 47.813760       | 38.82              | 30.00          | -8.82       |
| 47.830600       | 38.24              | 30.00          | -8.24       |
| 54.192120       | 33.18              | 30.00          | -3.18       |
| 60.205040       | 37.17              | 30.00          | -7.17       |
| 60.205160       | 36.52              | 30.00          | -6.52       |

Pada Gambar 7 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai emisi radiasi yang dihasilkan oleh produk *300Mbps In-Wall Wireless Access Point* yang berkomunikasi dengan notebook via kabel LAN UTP Cat 6 memiliki nilai emisi radiasi terjeleknya sebesar 38.82 dBμV/m di frekuensi 47.813760 MHz dengan nilai over limit sebesar 8.82 dB.



Gambar 8. Hasil Pengukuran Emisi Radiasi pada Frekuensi 30 MHz – 1 GHz Menggunakan Kabel UTP Cat 5e

Tabel 7. Nilai Emisi Radiasi pada Frekuensi 30 MHz – 1 GHz Menggunakan Kabel UTP Cat 5e

| Frekuensi (MHz) | QuasiPeak (dBµV/m) | Limit (dBµV/m) | Margin (dB) |
|-----------------|--------------------|----------------|-------------|
| 47.823000       | 39.30              | 30.00          | -9.30       |
| 54.176520       | 37.56              | 30.00          | -7.56       |
| 55.307480       | 38.12              | 30.00          | -8.12       |
| 108.809960      | 39.11              | 30.00          | -9.11       |
| 110.810560      | 11.09              | 30.00          | 18.91       |

Pada Gambar 8 dan Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai emisi radiasi yang dihasilkan oleh produk *300Mbps In-Wall Wireless Access Point* yang berkomunikasi dengan notebook via kabel LAN UTP Cat 5e memiliki nilai emisi radiasi terjeleknya sebesar 39.30 dBµV/m di frekuensi 47.823 MHz dengan nilai over limit sebesar 9.30 dB.

Kabel UTP merupakan kabel yang paling umum digunakan pada jaringan LAN di Indonesia dikarenakan harganya yang paling murah dan instalasinya mudah. Kabel jenis ini memiliki konstruksi dasar yang terdiri dari sepasang kabel yang dipilin (*twisted*) bersama. Tidak ada *shielding*, namun putaran simetris pada kabel membuat saluran transmisi yang seimbang, serta membantu mengurangi gangguan listrik dan EMI. Selain itu, level putaran yang berbeda dari tiap *pair* dapat digunakan untuk mengurangi crosstalk. Pada kabel UTP kategori yang lebih baru, terdapat *cross-web filler* yang memisahkan tiap *pair* kabel untuk mengurangi crosstalk asing dari kabel yang berdekatan. Sebagai contoh, pada penelitian ini digunakan kabel UTP Cat 5E dan Cat 6 dimana pada kabel UTP Cat 5e memiliki kecepatan transfer data 100 Mbps pada Fast Ethernet dan 1 Gbps pada Gigabit Ethernet (pada jarak 100m). Sedangkan pada kabel UTP Cat 6 berkecepatan 2,5 Gbps pada Gigabit Ethernet (jarak 100m), 10 Gbps pada Gigabit Ethernet (jarak 25m), 202.2 dB hingga 155 Mhz atau 250 MHz.

Kabel FTP memiliki 4 pasang (*pair*) kabel tembaga, dimana tiap *pair*-nya dipilin (*twisted*) saling berilitan sehingga membentuk sebuah pola berbentuk spiral, dan kabel ini memiliki sebuah tambahan aluminium foil yang dipasang tepat di bawah karet luar untuk melindungi isolator sehingga kabel jaringan FTP lebih tahan terhadap interferensi elektromagnetik

yang berasal dari sekitar kabel. Dari segi teori, kabel FTP memiliki performa interferensi elektromagnetik yang lebih baik dari UTP. Namun, pada hasil pengukuran didapatkan nilai emisi radiasi menggunakan kabel tipe ini justru yang paling tinggi / paling buruk. Kemungkinan ada faktor lain yang menyertai misalnya rendahnya kualitas konektor RJ45 atau material konektor yang terpasang diujungnya. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait performa emisi radiasi dari berbagai macam tipe konektor RJ45 yang beredar di pasaran.

Secara umum kabel jaringan STP memiliki susunan kabel yang sama dengan UTP maupun FTP, namun yang membedakan adalah material dan bahan pembungkus (*shielding*) yang digunakan sehingga kabel jaringan STP lebih tahan terhadap interferensi elektromagnetik yang berasal dari sekitar kabel. Penggunaan lapisan aluminium foil pada kabel SSTP ini juga dirancang lebih spesifik, yakni tidak hanya dipasang di bawah karet luar saja melainkan dipasang di setiap pasang kabel sehingga kemampuannya bertahan terhadap gangguan dari luar juga lebih baik. Kabel Cat6a dilengkapi dengan performa bandwidth hingga 550 MHz sehingga dapat menjamin transfer data berkecepatan tinggi untuk aplikasi server, *cloud computing*, *video monitoring*, dan *online high-definition video streaming*. Pada hasil pengukuran di atas menunjukkan performa nilai emisi radiasi dari kabel SSTP Cat 6a adalah yang paling baik diantara 3 kabel lain yang diuji (nilai emisi radiasinya paling rendah).

#### IV. KESIMPULAN

##### Kesimpulan

Pengukuran nilai emisi radiasi di frekuensi 30 MHz – 1 GHz dengan jarak pengukuran 10 meter pada produk *300Mbps In-Wall Wireless Access Point* yang berkomunikasi dengan notebook via kabel LAN tipe SSTP Cat 6a, FTP Cat 5e, UTP Cat 5e dan UTP Cat 6 menunjukkan bahwa kabel SSTP Cat 6a memiliki performa yang paling baik. Hal ini disebabkan karena adanya *shielding* yang terpasang di setiap bagian kabel dan di bawah karet luar sehingga lebih tahan terhadap interferensi elektromagnetik. Sedangkan nilai emisi radiasi yang terburuk dihasilkan oleh koneksi via kabel FTP Cat 5e meskipun kabel jenis tersebut juga mengaplikasikan *shielding* yang dipasang di bawah karet luar. Secara teori seharusnya performa kabel FTP Cat 5e memiliki performa yang lebih baik dari tipe UTP. Kemungkinan ada faktor lain yang menyertai misalnya rendahnya kualitas konektor RJ45 atau material konektor yang terpasang diujungnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait performa emisi radiasi dari berbagai macam tipe konektor RJ45 yang beredar di pasaran.

##### UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Elektronika dan Telematika Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya khususnya personel dan fasilitas uji EMC yang telah memberikan dukungan penuh dalam pelaksanaan kegiatan pengukuran emisi radiasi hingga makalah ini dapat diterbitkan pada jurnal ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Peraturan Direktur Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika (Perdirjen SDPPI) Nomor 2 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Alat Dan / Atau Perangkat Telekomunikasi Wireless Local Area Network*. Indonesia: Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2019, p. 14.
- [2] P. G. Andr and K. Wyatt, *EMI Troubleshooting Cookbook for Product Designers: Concepts, Techniques, and Solutions*, 1st ed. Edison, NJ: SciTech Publishing, Edison, NJ, 2014.
- [3] S. W. Shiu and H. Y. Chen, "Study of radiated emissions from a RJ45 connector for ethernet transmission using FDTD method," *IEEE Antennas Propag. Soc. AP-S Int. Symp.*, pp. 2317–2320, 2007.
- [4] S. Mortazavi, D. Schleicher, A. Stieler, A. Sinai, F. Gerfers, and M. Hampe, "EMC Analysis of Shielded Twisted Pair and Shielded Parallel Pair Transmission Lines for Automotive Multi-Gig Ethernet," *2019 IEEE Int. Symp. Electromagn. Compat. Signal Power Integrity, EMC+SIPI 2019*, pp. 193–198, 2019.
- [5] J. G. Kraemer, "Selection of Cables and Connectors for 100BaseTX Ethernet for Defense/Aerospace Environment EM1 Compliance," *IEEE*, pp. 1–6, 2003.
- [6] U. N. U. Ltd., "WHAT DOES UTP, S/UTP, FTP, STP AND SFTP MEAN?," 2020. [Online]. Available: <https://www.universalnetworks.co.uk/faq/what-does-utp-s-utp-ftp-stp-and-sftp-mean/>.
- [7] I. Special, C. On, and R. Interference, *CISPR 32 Edition 2.0 2015-03 : Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Emission requirements*. Geneva, Switzerland: IEC Central Office, 2015, p. 103.